Münster 1935 No 5 Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

Ueber die Einwirkung von Lävulose auf die Dehydrierungsvorgänge überlebender Gewebe.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.

vorgelegt von
Theo Aßhauer
(Zahnarzt)
aus Eving, jetzt Dortmund

1935
Druckausführung Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Dekan: Prof. Dr. Klinge

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann

Korreferent: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Ueber die Einwirkung von Lävulose auf die Dehydrierungsvorgänge überlebender Gewebe.

Die beiden Hexosen Glukose und Lävulose werden von den einzelnen Organen des Organismus in verschiedenem Umfang verwertet. Wie eingehende Untersuchungen von Haarmann[1]) gezeigt haben, läßt sich das unterschiedliche Verhalten von Glukose und Lävulose sehr eindrucksvoll an dem Vermögen der verschiedensten Gewebe, diese beiden Zucker zu Milchsäure abzubauen, nachweisen. Herzmuskel, Hirn und Niere führen sehr leicht Glukose in Milchsäure über, Lävulose dagegen nur in geringem Umfang. Die Skelettmuskulatur hingegen spaltet die Lävulose leichter als zugesetzte Dextrose. Allgemein bekannt und auch therapeutisch verwendet wird die gute Verwertbarkeit des Fruchtzuckers vom pankreasdiabetischen Organismus. Die Menge der aus Glukose gebildeten Milchsäure ist nach Haarmann und Stratmann[2]) sehr stark von der Glukosekonzentration abhängig. Die einzelnen Organe zeigen dabei hinsichtlich des Maximums ihrer Milchsäurebildung bestimmte Gesetzmäßigkeiten, indem, je nach dem untersuchten Organ die höchsten Milchsäurewerte bei bestimmten Glukosekonzentrationen erreicht werden. Die Abhängigkeit der Glukosewirkung von der Konzentration läßt sich auch an anderen Stoffwechselleistungen zeigen, so z. B. an der Sauerstoffzehrung überlebenden Gewebes[3]) und an den Dehydrierungsvorgängen des Gewebes.[4]) Es war die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, die mit der Glukose durchgeführten Untersuchungen auch auf die Lävulose auszudehnen. Geprüft wurde der Einfluß verschiedener Lävulosekonzentrationen auf die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe in der im hiesigen Institut üblichen Versuchsanordnung.

---

[1]) W. Haarmann: Biochem. Zeitschr. 255, 103, 1932.

[2]) W. Haarmann u. F. Stratmann: ebenda, 256, 361, 1932.

[3]) Flechtner: Inaugural-Dissrtation, Münster 1933.

[4]) Scholle: ebenda 1934.

Versuchsserie I.

Die Versuche der ersten Versuchsserie behandeln den Einfluß von verschiedenen Lävulosekonzentrationen auf die Dehydrierungsvorgänge im Skelettmuskel. Untersucht wurde die Skelettmuskulatur vom Kaninchen, Rind, Taube, Frosch und Karpfen, da sich in Arbeiten aus dem hiesigen Institut gezeigt hatte, daß die gleichen Organe von artverschiedenen Tieren auf zugesetzte Stoffe nicht gleichmäßig ansprechen. Es gilt das sogar für verschiedene quergestreifte Muskulaturen desselben Tieres. Besonders eingehend untersucht sind diese Verhältnisse bei der Brust- und Beinmuskulatur der Taube. [5])

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 1—3 zusammengestellt. Tabelle 1 enthält die Entfärbungszeiten in Minuten, Tabelle 2 das Dehydrierungsvermögen auf den Kontrollversuch = 100 bezogen. In Tabelle 3 ist der Einfluß von Glukose und Lävulose gegenübergestellt, um die Wirkung dieser beiden Zucker zu vergleichen. Die Glukosewerte sind der Arbeit von Scholle [6]) entnommen. Die Versuche von Scholle und die eigenen Versuche wurden an der Muskulatur derselben Tiere ausgeführt, sodaß sie direkt vergleichbar sind.

Tabelle 1.

Muskel: ohne Zusatz.

Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Taube Brust		Taube Bein		Frosch		Karpfen	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Kontrollversuch	59	55	24	20	26	23	29	34	54	51	40	48
Lävulose 0,05%	59	54	23	18	28	25	30	34	56	54	38	54
0,1	57	53	20,5	17	27	23	28	33	55	53	37	52
0,2	51	50	20	16,5	24	21	25	31	54	51	35	49
0,3	47	46	20	16	20	17	21	27	53	49	32	45
0,4	43	41	24	19	18	14	22	28	50	46	33	45
0,5	43	39	26	20	23	20	26	33	48	43	35	46
1,0	44	43	28	22	26	23	30	37	45	39	36	46
2,0	45	44	25	21	28	24	33	40	40	35	34	45

[5]) Vgl. hierzu Sommerkamp, Rückert: Lit. b. H. Freund: Klin. Wo. 11, 137, 1932 u. Mündelein: Biochem. Zeitschr. 256, 376, 1932.

[6]) Scholle: l. c.

Tabelle 2.
Muskel: ohne Zusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Taube Brust		Taube Bein		Frosch		Karpfen	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05%	100	102	115	111	93	92	97	100	97	95	106	89
0,1	104	104	117	118	96	100	104	103	98	96	108	92
0,2	118	110	120	122	108	110	116	110	100	100	114	98
0,3	126	120	120	125	130	136	138	126	103	104	124	107
0,4	137	134	100	105	145	164	134	122	108	111	121	107
0,5	137	141	93	100	113	114	112	103	113	120	114	104
1,0	134	128	86	91	100	100	97	92	120	131	112	104
2,0	130	125	96	95	93	96	88	85	133	146	118	107

Tabelle 3.
Muskel: ohne Zusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Taube Brust		Taube Bein		Frosch		Karpfen	
	Glukos.	Lävul.	Glukos.	Lävul.	Glukos.	Lävul.	Glukos.	Lävul.	Glukos.	Lävul.	Glukos.	Lävul.
0,05%	99	101	93	108	96	93	99	99	94	96	95	98
0,1	95	104	86	118	86	98	95	104	93	97	89	100
0,2	88	114	81	121	75	109	91	113	90	100	81	106
0,3	83	123	78	123	68	133	87	132	87	104	74	116
0,4	78	136	75	103	64	154	82	128	85	109	75	114
0,5	74	139	69	97	60	114	78	107	83	116	81	109
1,0	70	131	68	89	59	100	75	95	82	126	86	108
2,0	68	128	63	96	58	95	74	87	87	140	91	113

Wie aus den Versuchen hervorgeht, beschleunigt die Lävulose mit ansteigender Konzentration die Entfärbung des Methylenblaus sehr erheblich. Das Maximum der Wirkung liegt für die Muskulaturen der gleichen Tierart bei derselben Konzentration, es wechselt bei der Muskulatur von artverschiedenen Tieren zwischen 0,3 und 2,0%. Bei der Rindermuskulatur, bei der Beinmuskulatur der Taube und der Karpfenmuskulatur beobachten wir die stärksten Ausschläge bei einem Gehalt von 0,3 % Lävulose, bei der Brustmuskulatur der Taube bei 0,4 %, der Kaninchenmuskulatur bei 0,5 % und der Froschmuskulatur bei 2,0 %. Die Skelettmuskulatur von artverschiedenen Tieren besitzt also eine stark wechselnde Konzentrationsempfindlichkeit gegenüber

Lävulose. Hervorgehoben sei hier, daß die Brust- und Beinmuskulatur der Taube, die in den entsprechenden Versuchen von dem gleichen Tiere stammten, nicht gleich reagieren. Bei der Beinmuskulatur tritt die stärkste Förderungswirkung der Lävulose bei 0,3 %, bei der Brustmuskulatur dagegen bei 0,4 % auf. Die Ausschläge sind bei der Brustmuskulatur größer als bei der Beinmuskulatur. Besonders stark sind die Unterschiede bei hohen Lävulosekonzentrationen (1,0 — 2,0 %). Die Lävulose hat hier beim Rind und bei der Taube die Entfärbung des Methylenblaus, wenn auch nicht sehr stark, verzögert, während bei den übrigen Muskulaturen (Kaninchen, Frosch, Karpfen) die Lävulose die Entfärbung des Methylenblaus fördert.

Sehr eindrucksvoll ist der Vergleich der Glukose- und Lävulosewirkung (Tabelle 3). Ganz allgemein läßt sich sagen, daß die Glukose die Dehydrierungen im Skelettmuskel verlangsamt, die Lävulose sie dagegen stark fördert. Es handelt sich hier jedoch nicht um eine absolut entgegengesetzte Wirkung der beiden Kohlenhydrate, da die maximale Förderung der Glukosekonzentration nicht mit der maximalen Hemmung der Lävulosekonzentration zusammenfällt. Mit ansteigender Glukosekonzentration wird die Entfärbung des Methylenblaus immer mehr gehemmt, bis zu einem Maximum, das mit Ausnahme von Karpfenmuskulatur bei der höchsten Glukosekonzentration liegt. Lävulose hingegen beschleunigt mit ansteigender Konzentration die Entfärbung des Methylenblaus bis zu einem Maximum, das im Gegensatz zum Maximum der Hemmung bei Glukose in mittleren Konzentrationen auftritt (0,3 — 0,5 %). Zeichnet man das Dehydrierungsvermögen graphisch auf, so zeigt sich, daß nur bei der Frosch- und Karpfenmuskulatur ein Antagonismus von Glukose und Lävulose besteht, indem hier das Maximum der Lävuloseförderung mit einem Maximum der Glukosehemmung zusammenfällt.

Versuchsserie II.

Die Herzmuskelversuche (Tabelle 4—6) lassen erkennen, daß auch hier wie bei den Skelettmuskelversuchen die Lävulose einen fördernden Einfluß auf die Dehydrierungen ausübt. Die stärkste Wirkung beobachten wir bei einem Lävulosegehalt von 0,3 % für das Kaninchenherz und von 0,4 % bei den Herzen von Rind und Schwein. Die stärksten Ausschläge treten beim Rinderherzen auf mit einer Steigerung von 60—80 %. Die entsprechenden Skelettmuskelversuche, die am Gewebe desselben

Tabelle 4.
Herz: ohne Zusatz.
Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Schwein	
	1	2	1	2	1	2
Kontrollversuch	30	25	16	14	23	19
Lävulose 0,05 %	29	24	15,5	13	23	18,5
0,1	27	22,5	15	13	21	18
0,2	25	21	12,5	12	20	17
0,3	22	19	10	10	18	16
0,4	24	21,5	9	8,5	17	15,5
0,5	25	22,5	10	9	17	16
1,0	27	24	10,5	9,5	19	17
2,0	28	24	11	10	20	17,5

Tabelle 5.
Herz: ohne Zusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Schwein	
	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05 %	104	104	103	107	100	103
0,1	112	112	106	107	100	106
0,2	120	120	129	116	115	112
0,3	136	132	160	140	127	118
0,4	125	117	179	162	135	123
0,5	120	112	160	155	135	118
1,0	111	104	152	147	121	112
2,0	107	104	145	114	115	108

Tieres ausgeführt wurden, zeigen das Wirkungsoptimum bei einer Lävulosekonzentration, die von der am Herzmuskel wirksamen verschieden ist. Die stärkste Wirkung der Lävulose tritt beim Kaninchenherz bei 0,3 %, dagegen beim Kaninchenmuskel bei 0,5 % auf, beim Rinderherz bei 0,4 und beim Rindermuskel bei 0,3 % Lävulosegehalt.

Im Gegensatz zur Lävulose führt Zusatz von Glukose zu einer starken Hemmung der Methylenblauentfärbung (Tabelle 6) und zwar derart, daß einer starken Förderung durch Lävulose eine starke Hemmung durch Glukose entspricht.

Tabelle 6.

Herz: ohne Zusatz.

Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Schwein	
	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose
0,05 %	98	104	94	105	98	102
0,1	90	112	87	107	96	108
0,2	84	120	82	123	89	114
0,3	79	134	77	150	81	123
0,4	76	121	79	171	80	129
0,5	79	116	89	158	84	126
1,0	87	108	83	150	93	117
2,0	85	106	94	143	98	112

Versuchsserie III.

Die Dehydrierungsvorgänge im Hirngewebe weisen eine von Herz- und Skelettmuskel abweichende Konzentrationsempfindlichkeit auf, wie aus den Tabellen 7—9 hervorgeht. Im Rinderhirn und Schweinehirn führt Lävulose zu einer mit der Konzentration ansteigenden Hemmung der Dehydrierungen, wobei besonders die Konzentration 0,3 % sehr stark wirksam ist. Bei höheren Lävulosekonzentrationen ist die Methylenblauentfärbungszeit stark verkürzt. Interessant ist die Feststellung, daß die gleiche Lävulosekonzentration (0,3 %) die Dehydrierungen in den Herzen stark beschleunigt, im Hirn dagegen hemmt.

Tabelle 7.

Hirn: ohne Zusatz.

Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Schwein	
	1	2	1	2	1	2
Kontrollversuch	46	35	64	57	37	31
Lävulose 0,05 %	42	32	64	58	38	32
0,1	41	32	66	60	40	31
0,2	45	35	70	63	42	35
0,3	46	37	78	70	41	35
0,4	45	34	67	59	40	33
0,5	40	33	63	56	38	31
1,0	37	29	57	51	35	30
2,0	30	25	50	45	33	27

Die Glukose verhält sich auch beim Hirn vollkommen anders wie die Lävulose. Gerade beim Schweinehirn sind die Wirkungen entgegengesetzt, indem bei einer Konzentration von 0,3 % die stärkste Förderungswirkung der Glukose der stärksten Hemmungswirkung der Lävulose entspricht. Beim Rinderhirn liegen die Verhältnisse anders. Es besteht hier eine weitgehende Uebereinstimmung zwischen der Lävulose- und Glukosewirkung.

Tabelle 8.
Hirn: ohne Zusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Schwein	
	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05 %	110	110	100	99	97	97
0,1	112	110	97	95	93	94
0,2	102	100	91	90	88	89
0,3	100	94	82	82	90	89
0,4	102	103	96	97	93	94
0,5	115	106	102	102	98	100
1,0	124	120	112	112	106	104
2,0	154	140	128	128	112	116

Tabelle 9.
Hirn: ohne Zusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Schwein	
	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose
0,05 %	104	110	97	100	104	97
0,1	109	111	98	96	109	94
0,2	118	101	94	91	116	89
0,3	122	97	93	82	119	90
0,4	125	103	83	97	118	94
0,5	130	111	84	102	105	99
1,0	116	122	92	112	99	105
2,0	109	147	109	128	101	114

Versuchsserie IV.

Der Einfluß der Lävulose auf die Dehydrierungsvorgänge in der Leber weicht von der Lävulosewirkung in den anderen Organen, Herz und Skelettmuskel, grundsätzlich ab. Die Ausschläge sind hier zunächst einmal sehr viel geringer, dann aber auch

treten gerade in dem Konzentrationsbereich, in dem bei Herz und Skelettmuskel die Förderungseinflüsse besonders groß sind, lediglich Hemmungswirkungen auf. Nur die stärksten Verdünnungen der Lävulose regen in der Leber vom Kaninchen, Rind und Frosch die Dehydrierungen an, desgleichen die höchsten Lävulosekonzentrationen in der Kaninchenleber.

Tabelle 10.
Leber: ohne Zusatz.
Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch		Karpfen	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Kontrollversuch	27	24	10	11	15	11	17	20
Lävulose 0,05 %	24	22	8	8,5	13	9	18	22
0,1	23,5	21	10,5	10	13	10	19	23
0,2	26,5	23	10,5	10,5	14	10,5	21	25
0,3	28	24,5	11	11,5	14 5	11,5	21	26
0,4	29	25,5	11,5	12	15,5	12	20	24
0,5	30	26	12	13	17,5	13	18	22
1,0	26	23	13	13,5	16	12,5	17	21
2,0	22	20	10	12	15	12	17	19

Tabelle 11.
Leber: ohne Zusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch		Karpfen	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05 %	112	109	125	130	115	122	94	91
0,1	115	114	95	110	115	110	90	87
0,2	106	104	95	105	107	104	81	80
0,3	96	98	91	96	103	96	81	77
0,4	93	94	87	92	97	91	85	84
0,5	90	92	83	85	86	84	95	91
1,0	104	104	77	82	93	88	100	96
2,0	122	120	100	85	100	92	100	105

Beim Vergleich der Glukosewirkung mit der Lävulosewirkung (Tabelle 12) finden wir ein entgegengesetztes Verhalten dieser beiden Zucker. Lediglich die Karpfenleber reagiert auf beide Zucker annähernd gleich. Im sonstigen hat die Regel im allgemeinen Gültigkeit, daß bei der Glukose die fördernden Einflüsse

bei der Lävulose dagegen die hemmenden Einflüsse überwiegen, während die Verhältnisse beim Skelettmuskel und Herzmuskel umgekehrt liegen.

Tabelle 12.
Leber: ohne Zusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Frosch		Karpfen	
	Gluk.	Läv.	Gluk.	Läv.	Gluk.	Läv.	Gluk.	Läv.
0,05 %	104	111	97	128	99	119	103	93
0,1	114	115	106	103	107	113	106	89
0,2	120	105	113	100	129	106	94	81
0,3	134	97	123	94	114	100	85	79
0,4	132	94	127	90	99	94	92	85
0,5	118	91	135	84	91	85	103	93
1,0	112	104	135	80	88	91	112	98
2,0	107	121	109	92	100	96	117	103

Versuchsserie V.

In den bisher besprochenen Versuchen wurde die Einwirkung der Lävulose auf die Summe der Dehydrierungsvorgänge im Gewebe geprüft. Die Deutung der Versuchsergebnisse gestaltet sich insofern sehr schwierig, weil sich durch die Versuche nicht entscheiden läßt, wie der Abbau der zugesetzten Lävulose bei wechselnden Konzentrationen sich gestaltet. Eine beschleunigte Methylenblauentfärbung darf nicht ohne weiteres als ein gesteigerter Lävuloseabbau gedeutet werden, es muß vielmehr auch die Möglichkeit erwogen werden, daß die Lävulose den Abbau von anderen Verbindungen anregt. Andererseits muß eine verzögerte Methylenblauentfärbung nicht notgedrungen der Ausdruck für einen verzögerten Lävuloseabbau sein. Es könnte durch die Lävulose der Abbau der im Gewebe stets vorhandenen Nährstoffe zurückgedrängt sein und die Lävulose trotzdem in vermehrtem Umfange verwertet werden. Einblick in diese verwickelten biologischen Verhältnisse können nur dann gewonnen werden, wenn die Dehydrierung der Lävulose nicht stattfinden kann, wohl aber die Dehydrierung von anderen Substanzen. Für diese Untersuchungen ist ausgewaschene Skelettmuskulatur sehr geeignet. Sie baut Bernsteinsäure, Hexosediphosphorsäure (Fruktosediphosphorsäure) und Glyzerinphosphorsäure ab, nicht aber Glukose

und Glyzerin, wie aus einer Arbeit von Hahn und Haarmann[7]) hervorgeht. Eine Veresterung der Lävulose mit dem Glyzerin ist also für den Abbau unbedingt notwendig.

Tabelle 13.
Ausgewaschener Muskel: Bernsteinsäure.
Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Kontrollversuch	48	41	15	18	89	85
Lävulose 0,05 %	47	40	16,5	20	98	95
0,1	45	39	16	19,5	101,5	95
0,2	49	42	17,6	22	91	86
0,3	52	45	15,5	20	92	84
0,4	54	47	14,5	19	97	90
0,5	57	48	14,5	18,5	96	90
1,0	52	45	14	17,5	87	81
2,0	50	43	13	17	84	77

Tabelle 14.
Ausgewaschener Muskel: Bernsteinsäure.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05 %	102	102	91	90	91	90
0,1	106	105	94	92	88	90
0,2	98	98	86	82	98	99
0,3	92	91	97	90	97	102
0,4	89	87	194	94	92	95
0,5	84	85	104	97	93	95
1,0	92	91	107	103	102	105
2,0	96	95	116	106	106	110

Der Abbau der Bernsteinsäure wird durch Lävulose nur in ganz geringem Maße beeinflußt. Falls sich nennenswerte Einwirkungen feststellen lassen, handelt es sich lediglich um einen verzögerten Bernsteinsäureabbau, wie das gleiche auch unter der Einwirkung von Glukose (Tabelle 15) beobachtet wird.

[7]) A. Hahn u. W. Haarmann: Zeitschr. f. Biol. 90, 231, 1930.

Tabelle 15.
Ausgewaschener Muskel: Bernsteinsäure.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Frosch	
	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose
0,05 %	99	102	92	91	118	91
0,1	94	106	86	93	107	89
0,2	88	98	85	84	96	99
0,3	83	92	86	94	92	100
0,4	86	88	96	99	95	94
0,5	90	85	97	101	106	94
1,0	97	92	103	105	110	104
2,0	99	96	107	111	111	108

Tabelle 16.
Ausgewaschener Muskel: Glyzerinphosphorsäure.
Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Kontrollversuch	17	25	38	42	63	59
Lävulose 0,05 %	18	27	39	43	64	61
0,1	18,5	28	40	45	69	65
0,2	20	30,5	38,5	42	62	60
0,3	21	32	38	41	55	54
0,4	22,5	33	37	39	50	49
0,5	21,5	31	36	38	53	51
1,0	20	30	35	37,5	55	53
2,0	18	27	35	37	55	54

Der Abbau der Glyzerinphosphorsäure durch die Skelettmuskulatur vom Kaninchen, Rind und Frosch (Tabelle 16—18) ist gegenüber der Einwirkung der Lävulose empfindlicher als der Bernsteinsäureabbau. Bei Rindsmuskulatur sehen wir fast keine Einwirkung, beim Froschmuskel dagegen eine starke Förderung bei 0,4% Lävulosegehalt, beim Kaninchenmuskel bei der gleichen Konzentration eine starke Hemmung. Gerade die Kaninchen- und Froschmuskulaturversuche zeigen wie unterschiedlich, ja sogar entgegengesetzt die Muskulatur von artverschiedenen Tieren auf zugesetzte Verbindungen reagieren können. Der gleiche Nachweis läßt sich auch an der Glukose (Tabelle 18) führen.

Tabelle 17.
Ausgewaschener Muskel: Glyzerinphosphorsäure.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05%	94	93	98	98	99	97
0,1	92	90	95	93	91	91
0,2	85	82	99	100	102	99
0,3	81	79	100	103	115	110
0,4	76	76	103	108	126	120
0,5	78	81	106	110	120	116
1,0	85	84	109	112	115	112
2,0	94	93	109	114	115	110

Tabelle 18.
Ausgewaschener Muskel: Glyzerinphosphorsäure.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Frosch	
	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose
0,05 %	98	94	103	98	103	98
0,1	94	91	105	94	112	91
0,2	87	84	106	100	108	101
0,3	82	80	106	102	106	113
0,4	76	76	100	106	104	123
0,5	77	79	95	108	103	118
1,0	78	85	94	111	103	118
0,2	85	94	93	112	105	113

Der Abbau der Hexosediphosphorsäure (Tabelle 19—21) wird durch Lävulose besonders in Kaninchen- und Rindsmuskulatur sehr stark verschlechtert. Das gleiche gilt auch für die Glukose. Eine Ausnahme bilden die niedrigen Lävulosekonzentrationen 0,05—0,2 % beim Rindsmuskel. Bei einer Konzentration von 0,1 % ist die Methylenblauentfärbung um über 40 % gesteigert, bei einer Konzentration von 0,3 % jedoch schon um 30 % verzögert. Die Glukose wirkt bei bestimmten Konzentrationen der Lävulose entgegengesetzt. Bei anderen Konzentrationen wiederum gleich. Sehr deutlich kommt der Antagonismus von Glukose und Lävulose bei einer Konzentration von 0,1 % heraus. Durch Glukose sehen wir eine Hemmung von 40 %, durch Lävulose jedoch eine Steigerung von 40 %.

Tabelle 19.
Ausgewaschener Muskel: Hexosediphosphorsäure.
Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Kontrollversuch	36	31	32	30	59	52
Lävulose 0,05 %	49	40	28	25	60	56
0,1	52	42	23	21	68	60
0,2	56	45	29	26	64	57
0,3	59	48	50	45	62	55
0,4	57	47	46	41	56	48
0,5	54	45	40	37	60	51
1,0	52	44	35	33	62	53
2,0	50	43	40	35	65	54

Tabelle 20.
Ausgewaschener Muskel: Hexosediphosphorsäure.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05 %	74	78	114	120	97	93
0,1	69	74	145	143	85	87
0,2	64	69	110	116	91	91
0,3	61	65	65	67	94	95
0 4	63	66	69	73	104	108
0,5	67	69	80	81	97	102
1,0	69	70	91	91	94	98
2,0	72	72	80	86	90	96

Versuchsserie VI.

Die große Manigfaltigkeit in der Reaktionsweise von artverschiedenen Muskeln zeigt sich in den Laktat- und Glykogenversuchen (Tabelle 22—27). Kaninchen- und Taubenmuskulatur gehören in den Laktatversuchen zusammen. Eine stärkste Steigerung der Dehydrierung durch Lävulose sehen wir bei 0,3 %. In den Frosch- und Karpfenversuchen bewirkt Lävulose eine zunehmende Hemmung, die in den Karpfenversuchen bei 0,3 % Lävulosegehalt am stärksten ist, der gleichen Konzentration also, die in den Kaninchen- und Taubenversuchen eine besonders

Tabelle 21

Ausgewaschener Muskel: Hexosediphosphorsäure.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Frosch	
	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose
0,05 %	68	76	98	117	103	95
0,1	74	72	57	140	108	86
0,2	76	77	58	113	102	91
0,3	79	63	72	66	104	95
0,4	84	65	91	71	100	106
0,5	81	68	105	81	93	100
1,0	76	70	90	91	112	96
2,0	74	72	78	83	121	93

starke Förderung hervorruft. Auch in den Rindermuskelversuchen tritt bei bestimmten Lävulosekonzentrationen eine Hemmung der Dehydrierung ein. Im allgemeinen ist der Laktatabbau nur wenig lävulöseempfindlich, dagegen wird er durch Glukose stark in Mitleidenschaft gezogen (Tabelle 24). In allen Warmblütermuskeln sehen wir hier lediglich starke Hemmungswirkungen der Glukose, beim Froschmuskel hingegen nur Förderungswirkungen, wie überhaupt Frosch- und Karpfenmuskulatur in ihrem Verhalten sehr stark von der der Warmblütermuskulatur abweicht.

Tabelle 22.

Muskel: Laktatzusatz.
Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninch.		Rind		Taube Brust		Taube Bein		Frosch		Karpfen	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Nullversuch	62	54	20	19	24	29	37	42	43	47	58	54
Kontrollvers.	43	45	23	21,5	20	24	30	34	47	52	34	31
Lävulose												
0,05 %	42	44	25	23	19	22	29	33	46	52	41	38
0,1	40	43	21,5	20	18,5	21	27,5	31	49	57	41	39
0,2	38	41	21	19	17	20	25	28	54	62	42	42
0,3	35	39	23	19,5	14	18	23,5	26	48	55	43	45
0,4	37	39	29	25	17,5	21	26	29	44	50	41	42
0,5	40	42	28	25	19	23	29	33	40	46	37	39
1,0	41	43	23,5	21	20	24	30	33	45	51	34	35
2,0	39	42	23	20,5	20,5	25	30	34	46	51	30	33

Tabelle 23.

Muskel: Laktatzusatz.

Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninch.		Rind		Taube Brust		Taube Bein		Frosch		Karpfen	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lävulose												
0,05 %	102	102	92	93	105	109	104	103	102	100	83	82
0,1	108	105	107	108	108	112	109	110	96	91	83	80
0,2	113	110	110	113	118	120	120	111	87	84	81	74
0,3	123	116	100	110	143	114	127	130	98	95	79	69
0,4	116	116	79	86	112	112	115	117	107	104	83	74
0,5	108	107	92	86	106	104	104	103	118	113	92	79
1,0	105	105	100	102	100	100	100	103	104	102	100	88
2,0	110	105	100	104	98	96	100	100	102	102	113	94

Tabelle 24.

Muskel: Laktatzusatz.

Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninch.		Rind		Taube Brust		Taube Bein		Frosch		Karpfen	
	Gl.	L.	Gl.	L.	Gl.	L.	Gl.	L.	Gl.	L.	Gl.	L.
0,05 %	99	102	96	93	97	107	99	104	96	101	78	83
0,1	95	107	91	108	80	110	91	110	103	94	76	82
0,2	91	112	78	111	80	119	84	116	116	85	81	78
0,3	86	120	74	105	70	129	72	129	128	97	96	74
0,4	78	116	70	83	62	112	70	116	127	106	113	79
0,5	73	108	75	89	68	105	73	104	120	116	127	86
1,0	76	105	80	101	76	100	75	102	116	116	103	94
2,0	79	108	86	102	80	97	77	100	134	102	97	104

Der Glykogenabbau (Tabelle 25—27) wird in den Muskeln von artverschiedenen Tieren durch Lävulose in ganz verschiedener Weise abgeändert. Beim Froschmuskel sehen wir keine Wirkung, beim Kaninchenmuskel dagegen eine starke Förderung mit einem Maximum bei 0,3 %. Beim Rindsmuskel wirken hohe und niedrige Konzentrationen gleich und zwar in förderndem Sinne, während mittlere Konzentrationen 0,3 — 0,4 % nahezu wirkungslos sind. Auch bei der Glukose zeigt sich die artverschiedene Reaktionsweise des Skelettmuskels beim Glykogenabbau.

Tabelle 25.
Muskel: Glykogenzusatz.
Entfärbungszeit: Minuten.

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Nullversuch	61	52	28	24	57	53
Kontrollversuch	46	39	23	21	57	52
Lävulose 0,05%	42	38	21	19	55	50
0,1	39	38	21	17,5	56,5	52
0,2	36	34	18	16	57	53
0,3	34	30	24	21	58	54
0,4	38	33	24,5	22	55	52
0,5	42	39	25	22,5	52	50
1,0	48	41	17	17	52	49
2,0	41	40	16	15	49	46

Tabelle 26.
Muskel: Glykogenzusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Versuchsanordnung	Kaninchen		Rind		Frosch	
	1	2	1	2	1	2
Lävulose 0,05%	110	103	110	110	104	103
0,1	118	103	110	120	101	100
0,2	128	114	128	131	100	99
0,3	135	130	96	100	98	97
0,4	121	118	94	95	104	100
0,5	110	100	92	89	108	104
1,0	96	95	135	123	110	106
2,0	112	97	145	140	116	113

Tabelle 27.
Muskel: Glykogenzusatz.
Dehydrierungsvermögen (Kontrollversuch = 100)

Konzentration	Kaninchen		Rind		Frosch	
	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose	Glukose	Lävulose
0,05 %	108	107	117	110	98	104
0,1	124	111	104	115	96	101
0,2	114	121	93	130	105	100
0,3	97	133	84	98	110	98
0,4	89	120	78	95	120	102
0,5	101	105	71	91	111	106
1,0	120	96	80	129	99	108
2,0	124	105	88	143	103	115

Zusammenfassung.

Lävulose beschleunigt die Dehydrierungsvorgänge im Skelettmuskel, im Herzmuskel und Hirn und hemmt den Abbau der Bernsteinsäure und Hexosediphosphorsäure. Die maximalen Förderungen liegen für die einzelnen Organe bei bestimmten Lävulosekonzentrationen. Die Organe von Warmblütern zeigen dabei eine andere Reaktionsempfindlichkeit wie die Organe von Kaltblütern. Im einzelnen sind die Versuchsergebnisse aus den beiden Uebersichtstabellen 28 und 29 zu entnehmen.

Tabelle 28.

Uebersichtstabelle.

Dehydrierungsvermögen: Warmblüter (Kaninchen)

Organ / Zusatz	Lävulosekonzentration: %							
	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	2,0
Skelettmuskel	101	104	114	123	136	139	131	128
Herzmuskel	104	112	120	134	121	116	108	106
Hirn	110	111	101	97	103	111	122	147
Leber	111	115	105	97	94	91	104	121
Skelettmuskel:								
Laktatzusatz	102	107	112	120	116	108	105	108
Glykogen	107	111	121	133	120	105	96	105
Bernsteinsäure	102	106	98	92	88	85	92	96
Hexosediphosphorsäure	76	72	77	63	65	68	70	72
Glyzerinphosphorsäure	94	91	84	80	76	79	85	94
	Kaltblüter: Frosch							
Skelettmuskel	96	97	100	104	109	116	126	140
Leber	119	113	106	100	94	85	91	96
Skelettmuskel:								
Laktatzusatz	101	94	85	97	106	116	103	102
Glykogen	104	101	100	98	102	106	108	115
Bernsteinsäure	91	89	99	100	94	94	104	108
Hexosediphosphorsäure	95	86	91	95	106	100	96	93
Glyzerinphosphorsäure	98	91	101	113	123	118	114	113

Tabelle 29.

Uebersichtstabelle.

Dehydrierungsvermögen: Warmblüter (Kaninchen)

Organ / Zusatz	Lävulosekonzentration: %							
	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	2,0
Skelettmuskel	∅	∅	+	++	++	++	++	++
Herzmuskel	∅	+	+	++	++	+	+	+
Hirn	+	+	∅	∅	∅	+	++	++
Leber	+	+	∅	∅	∅	—	∅	++
Skelettmuskel:								
Laktatzusatz	∅	+	+	+	+	+	∅	+
Glykogen	+	+	++	++	+	∅	∅	∅
Bernsteinsäure	∅	∅	∅	—	—	—	—	∅
Hexosediphosphorsäure	——	——	——	——	——	——	——	——
Glyzerinphosphorsäure	—	—	—	—	——	——	—	—

Kaltblüter: Frosch

Skelettmuskel	∅	∅	∅	∅	+	+	++	++
Leber	+	+	+	∅	—	—	—	∅
Skelettmuskel:								
Laktatzusatz	∅	—	—	∅	+	+	∅	∅
Glykogen	∅	∅	∅	∅	∅	+	+	+
Bernsteinsäure	—	—	∅	∅	—	—	∅	+
Hexosediphosphorsäure	∅	—	—	∅	∅	∅	∅	—
Glyzerinphosphorsäure	∅	—	∅	+	++	+	+	+

Zeichenerklärung:

∅ = + — 6 % = ohne Einwirkung

+ bzw. — = + — 6 — 20 % = leichte Förderung bzw. l. Hemmung

++ „ —— = + — 21 — 50 % = starke „ „ st. „

Lebenslauf.

Ich wurde am 7. 4. 1909 in Eving, jetzt Dortmund, geboren. Im Herbst 1915 kam ich zur Schule und bestand Ostern 1929 mein Abitur an der Oberealschule in Recklinghausen. Ostern 1929 begann ich in Münster das Studium der Zahnheilkunde, legte nach vier Semestern dort die zahnärztliche Vorprüfung ab und nach weiteren vier Semestern in Marburg und Münster, machte ich nach Abschluß des achten Semesters das zahnärztliche Staatsexamen.

Theo Aßhauer.